

■ 展望・解説 ■

低温核融合の動向

Review of Recent Studies on Cold Fusion

谷本 充 司*
Mitsumori Tanimoto

1. はじめに

3月23日米国のユタ大学で、英サザンプトン大学のマーチン・フライシュマン教授と米ユタ大学のスタンレー・ボンズ教授が記者会見を行い、「試験管内で電気化学的な方法により核融合反応を起こすことに成功した。」と発表した。この内容を英経済紙ファイナンシャル・タイムズが報道したのを受けて、3月24日付けの国内各紙は地味な扱いながらその内容を報じている。続いて3月29日付の米経済紙ウォールストリート・ジャーナルは、「同じユタ州ブリガム・ヤング大学のスチーブン・ジョーンズ教授が同様の核融合に成功しており、3月23日に未公表論文のコピーを関係者に配布している」と報道した。いずれの報道も経済紙が口火を切っていること、実験で電極として使用された水素吸蔵金属パラジウムの相場が急騰したことを考え合わせると、夢のエネルギー源として低温核融合に寄せる世間の期待がいかに大きかったかをうかがい知ることが出来る。

この報道をきっかけとして、正式に論文として発表される前の原稿やメモや雑多な情報が、ファックス、新聞、衛星中継TV、パソコン通信等を通じて世思中を駆け巡り、極めて異常な状況を呈した。誰も2年前の高温超伝導発見のケースを思い起こさずにはいられなかったと思われる。世界各国の研究者が即座に追試実験を開始し、優に1ダースを越える実験の成功がマスコミを通じて報道された。しかし、原子力、特に核融合研究に専門的に取り組んでいる主要な研究所からの追試成功の発表は皆無であった。

さて、前置きはここまでとし、5月下旬に米国で開催された低温核融合現象に関するワークショップでの報告を織り混ぜ、この分野の研究の現状と問題点を述

べることにする。

2. 低温核融合実験の概要

ユタ大学のボンズ等のグループ¹⁾は化学者、ブリガム・ヤング大学のジョーンズ等のグループ²⁾は物理学者が中心であり、実験にはそれぞれのグループの特色がにじみでている。基本的には重水(D₂O)の電気分解という点で共通しており、概念的には図-1に示すような装置を用いている。重水にはLiOD等の金属塩を電解質として加え、酸素(O)が発生する陽極側には白金(Pt)あるいは金(Au)電極を、一方陰極としては、発生した重水素(D)を効率よく吸収させるため、パラジウム(Pd)やチタン(Ti)等の水素吸蔵金属電極を用いている。ところで、フライシュマンとボンズは師弟関係にあり、水素の同位体の電気分解を長年研究する過程で、化学的に説明のつかない問題に遭遇していたという。一方、ジョーンズは地球の深部で核融合が進行しているのではないかという仮説を立てており、これが多種にわたる金属塩電界液で実験を試みている理由かと思われる。

さて、陰極金属内に高密度で吸蔵された重水素同志が核融合(dd反応)を起こすとすると、図-2に示す

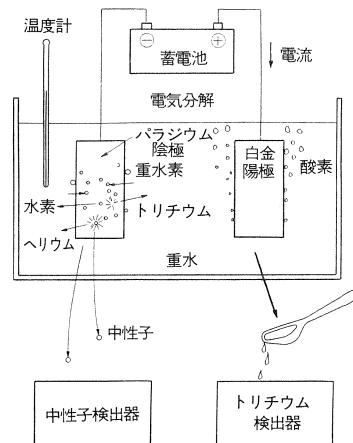


図-1 電気分解低温核融合実験概念図

* 電子技術総合研究所エネルギー基礎部エネルギー物性研究室長

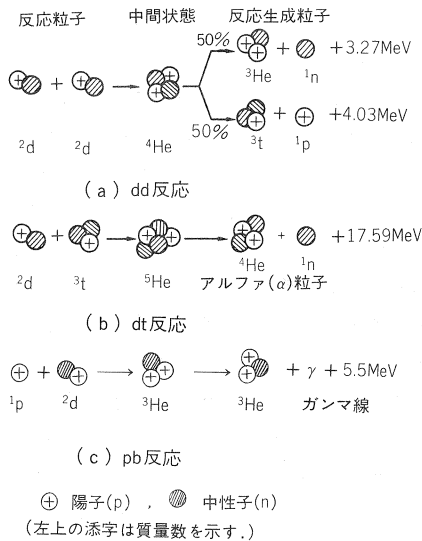


図-2 水素同位体核融合反応

2種の反応が同程度の確率で生じる。(図-2には参考までにdt及びpd反応も示してある。)ただしp, d, tはそれぞれ水素, 重水素, 三重水素(トリチウム)の原子核をあらわす。

ポンス等は反応熱出力, 中性子線量, 溶液中に溶け出したトリチウム量を, ジョーンズ等は中性子のエネルギースペクトルと線量を測定している。それぞれの結果をまとめたものが表1である。核融合反応率 λ_r は一對のdd原子核当たりの反応頻度である。すなわち, この逆数はdd対が核融合反応を起こすまでの平均時間となる。ただし反応率は, 重水素が金属格子の隙間にきちんと収まり得る飽和限度まで吸蔵されており, 全ての重水素が平等に核融合反応に寄与しているとして換算した概算値であることを注意しておく。この時の飽和吸蔵量を原子数の比で表すと, それぞれD: Pd=1:1あるいはD: Ti=2:1となる。

表1 低温核融合実験の反応率の比較

グループ名	ユタ大学等		ブリガム・ヤング大学
測定量	発熱	中性子	中性子
熱出力密度 (W/cm ³)	10	10 ^{-8*}	10 ^{-12*}
反応率 λ_r (1/dd/s)	10 ^{-10**}	10 ⁻¹⁹	10 ⁻²³

註) *は発生中性子量から,
**は発熱量から換算した値である。

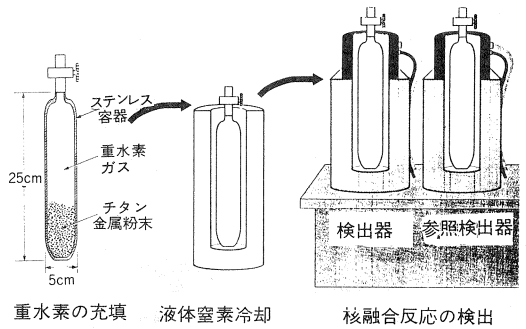


図-3 高圧充填法低温核融合

ポンス等は熱測定による出力密度が, 中性子・トリチウム測定による値を大幅に上回ることを根拠として, 図-2に示した既知の反応とは別の, 未知の反応が存在するのではないかと主張している。仮に熱出力に相当する反応が中性子発生を伴ったとすると, 装置の周辺には生命が危うくなるほどの線量に達する中性子が放出されることになる。

ところで, 金属電極内に吸蔵された重水素が核融合反応を起こしているのであれば, 電気分解は単に重水素を吸蔵させる一手段に過ぎないことになる。初めて高圧気体吸蔵法で核融合中性子を観測したと報告したのは, イタリアのフラスカッチ・エネルギー中央研究所のグループである。圧力ポンベにチタン粉末を入れ, 50気圧程度の高圧の重水素を充填した後, 液体窒素温度と室温の間で温度変化させている。図-3はこの方式の追試に成功したロスアラモス国立研究所の研究グループの図面を転載したものである。不規則に放出される中性子の他に, 短時間にバースト的に放出される多量の中性子を観測しているのが特徴である。なお, スウェーデンの研究グループは, 電気分解法でもこのような中性子バーストの存在を報告している。

3. 低温核融合の反応機構

まず核融合反応の機構を一般的に考察しておこう。水素の同位体の原子核はいずれも正の電荷の陽子を1個有しており, 原子核間には核間距離の2乗に反比例した静電的なクーロン反発力が作用する。原子核同士を結び付ける核力の圏内に到達するには, 相互に0.5×10⁻¹²cm程度まで接近する必要がある。このためには高さ300kevの反発力のエネルギー障壁を越えなければならない(図-5(a))。換言すると, 300kvの電位差で原子核を加速するか, 数10億度の高温水素プラズマを発生する必要がある。ところが幸いなことに, ト

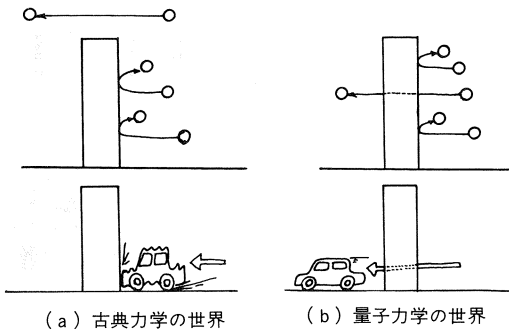


図-4 トンネル効果

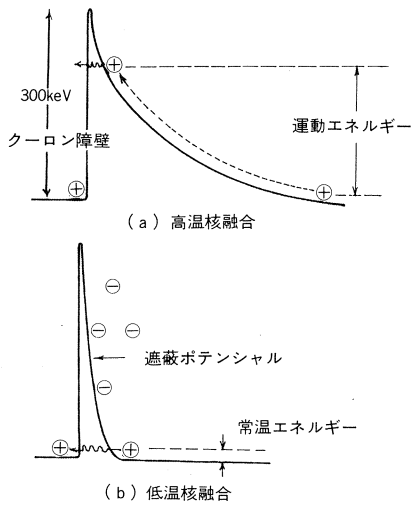


図-5 高温核融合と低温核融合

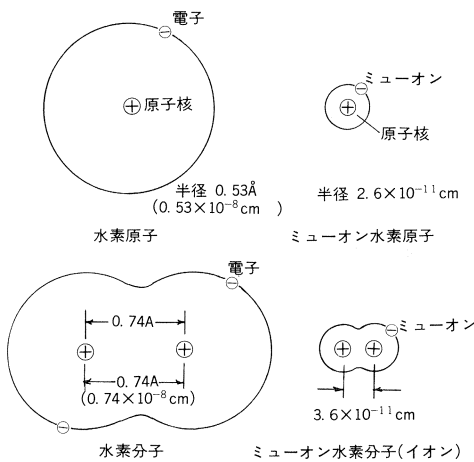


図-6 ミューオン原子とミューオン分子

して扱われる粒子が、量子力学の世界では有限な拡がりを持った波としての性質を示し、障壁の内部にもしみ込んで存在しうることを意味している(図-4)。現在大規模に開発が進められている高温核融合も、この効果の恩恵に浴している。低温核融合の場合にはなおさら、トンネル効果が主役を演じているはずである。このトンネル確率は、障壁の厚みが薄いほど高くなる。高温核融合では、運動エネルギーの大きい原子核が反発力の障壁を登り上がり、障壁が薄くなったところでトンネルをくぐり抜ける(図-5(a))。一方、原子核のエネルギーが小さい低温で核融合反応を起こすには、障壁自身が根元から薄くなっている必要がある(図-5(b))。別の表現をすれば、正の電荷を持つ原子核のまわりに広がる電界が、負の電荷を持つ電子により遮蔽され、押し縮められるわけである。すなわち低温核融合では、金属内に高密度で吸蔵された重水素原子核の周囲の電界を、電子がいかに遮蔽するかが重要な鍵となる。このような高密度かつ低温の条件のもとで進行する核融合反応は、質量が極めて大きな天体の内部でも進行しているのではないかという推測に基づいて、精力的に研究が進められている課題でもある。

念のために付け加えておくと、高温核融合では原子核の持つエネルギーあるいは温度が僅かに上昇しても、トンネル効果の確率は急激に増大し、反応が促進される。一方、低温核融合では障壁が急峻なために、温度が多少変化しても反応率は余り変化しない。図-5で、縦軸に相当するエネルギー(温度)を変えた時の障壁の厚さの変化に注目すれば、理解できよう。

ところで今回の試験管核融合が登場するのはるか以前から、正統派の低温核融合が存在している。これがいわゆるミューオン触媒核融合と呼ばれるものである。ミューオンは性質が電子に似た素粒子の一種であるが、その質量は電子の207倍もある。このようなミューオンが水素原子内に侵入し、電子と置き換わるとミューオン原子が形成されるが、原子核の周囲を回るミューオンの軌道は、その質量に反比例して207分の1に収縮する。このためボーア半径とも呼ばれる水素原子の大きさが、 0.53 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$) から $2.6 \times 10^{-11} \text{ cm}$ に縮小し、一見中性子のような強い透過力を示す。また、水素のミューオン分子を形成する場合にも同様に、2つの原子核の相互距離を 0.74 \AA から $3.6 \times 10^{-11} \text{ cm}$ に接近させる(図-6)。この結果、前述のトンネル効果が顕著になり、あたかもミューオンが触媒のように繰り返し作用して、低温でも原子核の融合が進行

トンネル効果という大変都合な量子力学的現象が存在し、障壁をくぐり抜けて原子核同士が融合することが可能となる。これは古典力学の世界では固いボールと

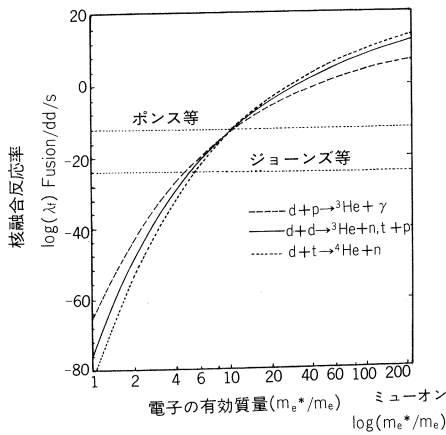


図-7 各種水素同位体核融合反応の有効電子質量依存性；ポンス等の熱出力及びジョーンズ等の中性子発生量を核融合反応率に換算して点線で示してある。

するわけである。これはいささか単純化した表現であり、実際にはもっと複雑なミュオン分子反応過程が介在している。ところで、ミュオンの寿命は残念ながら約 $2 \mu\text{s}$ であるために、ミュオンは加速器を用いて作り出す必要がある。このために消費するエネルギーと、ミュオンが一生の間に触媒として核融合を起こして得られるエネルギーの収支勘定が黒字になれば、エネルギー源となりうる。長年の地道な研究の結果、エネルギー応用の展望が開けつつある。ついでながら、ブリガム・ヤング大学のジョーンズは、本来この分野の専門家である。

さて、本題の遮蔽の問題に戻ろう。ここで重要なのは、重い負の荷電粒子ほど原子核に接近し、電界を短距離で遮蔽する働きを持つことである。また、その密度が高いほど、遮蔽の効果も大きくなる。固体の中の電子は周囲の種々の影響を受けるために、その実効的な質量 m_e^* は必ずしも自由な電子の質量 m_e には一致しない。金属内の一對の重水素を分子に見たてて、種々の水素同位体原子核を組み合わせた核融合反応率が、電子の実効質量にどう依存するかを示したものが図-7である。図には dd 反応のほか、pd および dt 反応についても示してある。先に述べたように、原子核間距離あるいはトンネル障壁の厚みは、 m_e^* に反比例して小さくなる。横軸の左端の $m_e^*/m_e = 1$ は通常の水素分子、右端の $m_e^*/m_e = 207$ はミュオン触媒の核融合に相当する。核融合反応率は、電子の有効質量に応じて著しく変化することがわかる。ポンス等の発熱量及びジョーンズ等の中性子量に相当する dd 反応率を電子の有効質量の変化で説明するには、それぞれ

10倍及び5倍程度の実効質量の増加が必要となる。しかし、平衡状態を前提とした固体物理の知識から予測される反応率は高々 $10^{-30}/\text{dd/s}$ であり、現在までのところ、観測結果を説明出来る手掛かりは得られていない。このため、観測されているような低温核融合においては、何らかの非平衡な条件が必要なのではないかという考えが支配的になっている。

4. 低温核融合実験の現状

5月23日から25日にわたり、米国ニューメキシコ州、サンタフェ市で開催された低温核融合ワークショップでの報告を中心に、低温核融合の実験の現状を紹介しよう。この会議はロスアラモス国立研究所とエネルギー省が主催したもので、低温核融合をテーマとした会議としては最初のものである。参加者は約500人で、35件の講演に加えて、100件近いポスター発表が行われた。ポンス及びフライシュマンは、招待されていたそうであるが、参加していない。主催者が、参加者の求めに応じて関連の文献情報を出来る限り提供していたこと、信頼性のパラメータとしてか、主要な発表者の論文発表リストを配布していたことが、通常の会議と違って特徴的であった。また、63年前に「パラジウムによる水素のヘリウムへの原子核変換」に関する誤報を転載した前歴を持つ英国科学雑誌「ネイチャー」が、今回の低温核融合でも論争の一つの舞台となり、その記事の別刷りが会場に目に付いた。

エネルギー利用の可能性はともかく、異常な現象に対する好奇心と、それを解明しようとする熱意が集約されたワークショップであった。

さて、低温核融合の実験がいかにか多角的に取り組まれているか、羅列的にはなるが、その一端を紹介する。会議の詳細については、文献3)を参照されたい。

[1] 実験法の概要

①水素の吸蔵法

(1)電気分解法

(a)電解質：LiOD, LiOD/LiOH, LiCl, D_3PO_4 , NaOD, NaF, HNO_3

溶媒： D_2O , H_2O , 50% $\text{D}_2\text{O}/50\%\text{H}_2\text{O}$
(pd反応の可能性の検証)

(b)電流密度：～数10mA/cm²で予備吸蔵，最大1A/cm²

(2)高压気体法

(a)圧力：通常50気圧程度，最大3500気圧

(b)温度：室温で吸蔵後，液体窒素冷却

(3)イオン注入法：イオン加速器

(4)放電プラズマ法：直流グロー放電，ミラープラズマ
電気分解あるいは高圧気体吸蔵法では，飽和平衡状態
で， $PdD_{0.7}$ ～ $PdD_{1.0}$ ， TiD_2 まで入る．極低温下での
イオン注入による強制吸蔵では， $PdD_{1.3}$ が報告されて
いる．

②水素吸蔵金属

(1)材料：Pd, Ti, Ni, V, La, Nb, Ta, Pd/Ni,
Ag/Pd, Ir/Pd, Rh/Pd, Ti合金, アル
ミナ, 石英, 長石結晶, 多結晶

(2)形状：棒, 線, 球, 板, 箔, 粉末, チップ, スポン
ジ, 中空棒等

(3)加工：圧延, 溶解, スパッタリング

(4)処理：アニール（真空・希ガス雰囲気），加熱脱ガ
ス, 表面処理等の前処理

③外部制御条件

何らかの非平衡状態あるいは揺動の導入を意図して
いる．

(1)電流：電極表面電流密度, 吸蔵金属内電流密度

(2)圧力：準定常圧力（最大3500気圧）

過渡的圧力（最大100万気圧）

(3)温度：77K～室温～550°C, 昇温/冷却サイクル

(4)粒子入射：ミュオン, アルファ（He）粒子, 宇
宙線（遮蔽の有無）, 格子欠陥導入粒子

④測定法

(1)水素吸蔵量：重量測定, X線回折, 中性子回折, 核
磁気共鳴

(2)反応過程

(a)熱測定：最高検出感度 $1 \mu W$ （差動温度測定）

(b)反応生成粒子測定：

中性子（エネルギースペクトル, 線量）,

γ 線, X線, トリチウム, ヘリウム等

(3)固体の物性：

金属内の電子・重水素の分布, 格子欠陥と重
水素の相互作用等に関し種々の分析が行われ
ているが, 詳細は省略する．

[2] 実験結果の概要

①電気分解法による成功の発表

テキサス農鉱大学, ブリガム・ヤング大学, ボロニア
大学, ローマ大学, Manne Siegbach物理研究所等

パラジウムだけでなく, チタン電極でも成功してい
る．テキサス農鉱大学は, ボンス等のグループ並みの
 $10\sim 20W/cm^3$ の反応熱密度を主張している．

②高圧充填法による成功の発表

ロスアラモス国立研究所/ブリガム・ヤング大学/ワ
シントン州立大学連合チーム, フラスカッチ・エネル
ギー中央研究所（いずれも中性子スペクトルは未確認
である．）

③突発的な中性子バーストの放出を確認

不規則ながらもほぼ定常的に放出される成分の他に,
数10～数100 μs の間に発生する大量の中性子成分を観
測．電気分解法及び高圧充填法のいずれでも, 認めら
れている．

④宇宙線の寄与は殆ど無い．

当初宇宙線が低温核融合の引金になっているのでは
ないかとの推測もなされていたが, 宇宙線の少ない地
下壕で実験しても, 同様に反応が進行する．また, 宇
宙線よりはるかに強い加速器生成ミュオンを入射し
ても反応は促進されない．これはミュオンが, 重い
金属原子に優先的に捕獲され, ミュオン重水素原子
を形成できないためである．

⑤再現性の欠如

研究所, グループごとにはもとより, 同一のグループ
が実験しても試料ごとに再現性が無い．（ただし, 最
近は改善されつつあるとの情報もある．）

⑥種々の試みにも拘らず, 反応を確認していない主要
研究所

オークリッジ国立研究所, ブルックヘブン国立研究所,
サンディア国立研究所, MIT, IBM, AT&Tベル研
究所, (ハウエル原子力研究所では打ち切り)

5. 低温核融合の問題点と検討

今回の低温核融合の問題を難しくしているのは, 第
一に関連する研究分野が電気化学, 熱力学, 固体物理,
原子核物理さらには放射線計測と非常に多岐にわたっ
ていることがあげられる．第二に, 実験の再現性が乏
しく, 反応の必要条件が明確ではないこと．第三に,
客観的に実験の妥当性を評価するに足る正確な情報が
なかなか公表されず, 反面雑多な情報が氾濫したため
に, 的確な判断を下すことが困難であったことである．
特にユタ大学のグループの場合, 大学の種々の思惑と,
特許の問題がからんで実験の詳細を明らかにせず, マ
スコミが伝える反応エネルギー出力値だけが急騰し続
けている観すらある．前述の「ネイチャー」誌上で
MITグループとの間に起きた中性子誘起 γ 線のスペ
クトル論争は, テレビ報道された番組のビデオテープ
を手掛かりに繰り広げられたものである．ホットな雰
囲気が冷め, コールドになった現在こそが, 地道に低

温核融合に取り組んでいく好機であろう。

さて、本題に戻ろう。問題点をいくつか抽出して、順次簡単に考察する。

①反応熱測定のおいまいさ

反応熱の検出を低温核融合反応の拠り所としているユタ大学及びテキサス農鉱大学のグループは、彼らが測定した $10\sim 20\text{W}/\text{cm}^3$ の熱出力密度は、化学反応で説明しうるレベルを越えていると主張している。しかし、どんなに発熱検出感度の高い測定器を準備しても、重水と軽水を全く同じ電気化学的条件では電気分解できないのであるから、両者の発熱量の比較から結論を引き出すのは極めて困難である。また、分解した酸素と水素の再結合、水素の金属内吸蔵、水素化金属の相変化等に伴う発熱の存在すること、また過去に注入したエネルギーがある条件に達すると時間的に遅れて放出されうること等の理由で、現在のところ熱測定結果の信頼度は低いとする見方が大勢を占めている。

②高度の技術を要する反応生成粒子計測

図-2に示すdd反応が生じているとすると、最も直接的に観測にかかる粒子は、電気的に中性で、物質透過能力が高く、反応容器外に容易に抜け出る中性子である。多くのグループがこの中性子の線量あるいはエネルギースペクトルを測定している。また、中性子が反応容器を取り囲む水槽内の水の陽子（水素原子核）に捕獲された際に放出する γ 線、あるいは水素吸蔵金属外に放出されたヘリウム、トリチウムの検出も行われている。

しかし、どういった検出器を用いて、何に関する情報を得るか、その時のバックグラウンドとの弁別をどうするかは、計測結果の信頼性を大きく左右する。また、高感度の検出器がどこでも調達できるわけではなく、検出に当たっては専門的な知識と技術を要求されることから、反応の検出に成功したという情報をそのまま信用するわけにはいかないのが現状である。計測の詳細とその生データが公表されることが少ないために、計測の信頼性に関する裏情報が飛び交ったり、先にも述べたユタ大学グループとMITグループ間の真偽論争が巻き起こるのも、このへんの事情を端的に反映している。

③水素原子核はどこまで接近しうるか？

低温核融合の反応の起こり易さは、重水素原子核が相互にどのくらい接近し得るか、反発力の障壁が電子による遮蔽でどのくらい薄くなるかで決まる。

水素吸蔵金属の長年の研究の中で得られた一つの経

験則がある。それは「吸蔵された水素の原子核間距離は 2.1\AA 以下にはならない。」というものである。実際、パラジウムとチタンの中での最小重水素原子核間距離は、それぞれ 2.9\AA 及び 2.2\AA である。重水素分子の平衡原子間距離は 0.74\AA で、これに比べてもはるかに大きいことになる。理論解析によれば、この重水素分子でもdd反応率は $4 \times 10^{-64}/\text{s}$ 、すなわち核融合を起こすには平均 7.9×10^{68} 年かかることになる。宇宙の年齢が 10^{10} 年に過ぎないことを考慮すると、この年数がいかに途方もない値であるかが判る。現在までの情報をもとに、これらの値と報告されている実験結果を反応率に換算してまとめたものが図-8である。ワークショップでジョーンズが最近の実験値として示した反応率は $10^{-24}/\text{dd}/\text{s}$ であり、上記の重水素分子の反応率に比べ、実に40桁程大きい。

ところで、平衡位置では原子核間隔が分子のそれより小さくならなくても、反発障壁の厚みが薄くなれば、原子核が障壁の裾野まで広がってトンネル効果を起こ

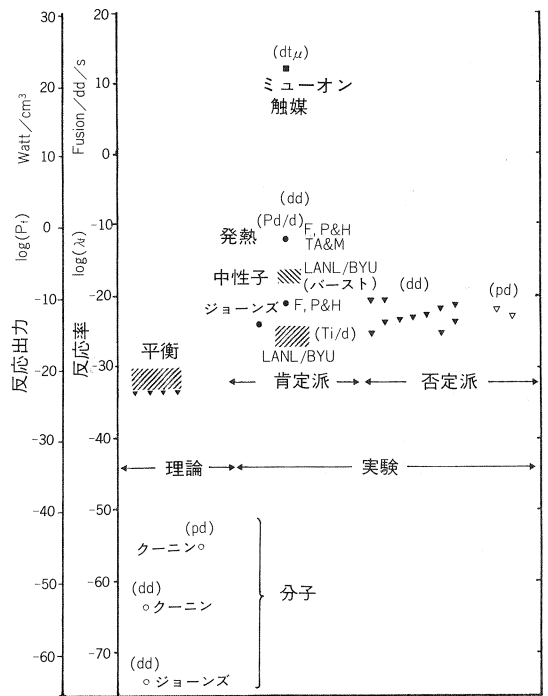


図-8 核融合反応率の実験・理論のまとめ
 ∇ , \blacktriangledown は反応率がそれ以上にはならないという否定的な上限を示す。F, P&H (ユタ大学チーム), TA&M (テキサス農鉱大学), LANL (ロスアラモス国立研究所), BYU (ブリガム・ヤング大学)

す確率が増大するであろう。しかし、固体物理の観点から電子の遮蔽の効果を考慮しても、反応率は高々 10^{-30} / dd/s と考えられている。

④非平衡条件の必要性

平衡状態を前提とした理論的考察からは観測されている核融合反応率を説明できないとすると、何らかの非平衡条件が関与しているのではないだろうか。ジョーンズも彼の最初の論文でその可能性を指摘している。イタリアのフラスカッチのグループが高圧重水素気体吸蔵チタンの温度を変化させたり、容器を真空に排気したりしているのも、これをヒントとしている。4-節の [1] ③で述べた外部条件の制御は、この点を念頭に置いたものである。中性子がバースト状に放出されること、再現性に乏しいこと、重水素吸蔵の飽和時間以上に長時間を必要とすることなども、非平衡状態の出現のもとでの核融合反応の進行を示唆している。

金属格子の欠陥に、極めて接近した複数の重水素原子核が入り込むのではない、障壁の厚みが揺らぐのではない、あるいはクラック等の発生に伴って内部加速電界が生じているのではないかなど、理論的な提案がなされている。しかし、これらの場合には、吸蔵された重水素が全て同等に非平衡状態にあって核融合に寄与するわけではなくなる。従って、例えば格子欠陥の割合が 10^{-4} であれば、これまで示した反応率は実質的に10,000倍に高くなるわけで、新たな説明が必要となる。今後、これらの仮説を検証する実験を行うことが重要であろう。

⑤低温核融合は果たしてコールドなのかホットなのか?

種々の水素同位体原子核の反応率を示した図-2を改めて吟味してみよう。核融合反応の起き易さは、トンネル障壁を通り抜ける確率と、その先に出現する反応の標的の大きさとの積で表される。ミュオン触媒あるいは高温の核融合では、トンネル障壁の厚みが非常に薄いところで反応が進行するため、トンネル確率は高く、標的の大きさで総合的な反応率が決まる。ところが、今問題としている低温核融合においては、相対的に障壁が厚いため、反応の起き易さはトンネル確率が支配している。この確率は、反応に関与する原子核の質量の組み合わせ（換算質量）の僅かな違いで大きく変化する。結局、低温における核融合はトンネル障壁の薄いものほど、すなわち、pd、dd、dt反応の順で優先的に進行する。これは、ミュオン触媒核融合、高温核融合の場合とは全く逆になっている。この状況を、dd及びdt反応について模式的に比較したも

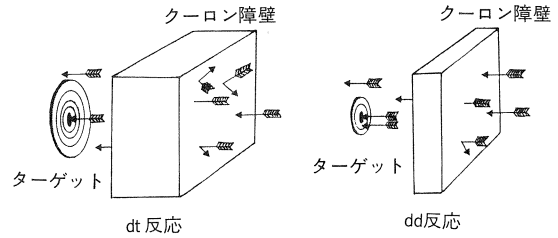


図-9 低温核融合の起こり易さの比較

のが図-9である。

このような発想に基づいて、pを含む軽水(H_2O)とdを含む重水(D_2O)を混合した実験も行われているが、未だpd反応の検出に成功したという報告はない。

そこで次のような疑問が生じてくる。現在報告されている低温核融合は、本質的にコールドな反応なのだろうか? 上述したように、仮に非平衡に起因した内部加速電界が金属内に発生して重水素が加速されるとすると、加速器核融合あるいは高温核融合と同等になってしまう、すなわち微視的にはホットな核融合が生じていることになる。固体物性的には異なった性質を持つパラジウムとチタンのいずれでも核融合が観測されていることも、この疑問を増幅している。これも今後解明する必要のある問題である。

⑥未知の核融合反応が存在しうるか?

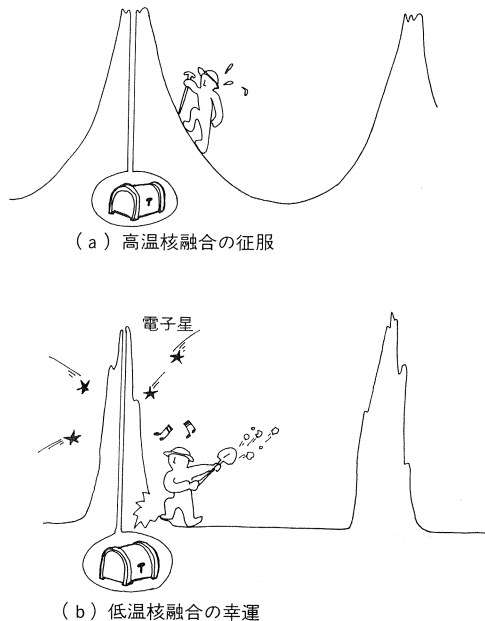
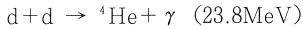


図-10 高温及び低温核融合の研究開発

反応の熱的な検出は不確定な要因が多すぎることを述べた。しかし、ポンス等の主張に沿って、大量の発熱とはるかに少ない中性子量の中のギャップを、新たな核融合反応で説明しようとする考察もなされている。中性子もトリチウムも放出しないdd反応としては、



の存在が知られている。しかし、この反応率は図-2に示すdd反応に比べて 10^{-7} 分の1と小さい。また、低エネルギーでdd反応の分岐比が大きく変化するという兆候も認められていない。上記の反応で、 γ 線を放出せずに金属格子全体にエネルギーを移送するのではないか、あるいは電子と陽電子の対が発生するのではないか等の説を含めて、種々の仮説が提案されていることを付け加えておく。ただし、明確な形でヘリウムの発生を認めたという報告はなされていない。何れにしても、未知の核反応を完全に否定することは困難ではあるが、同時にその可能性を従来の知見から予想することも困難である。

6. おわりに

今回の低温核融合実現の報告は社会的に関心を惹いたばかりでなく、研究者に与えた衝撃も大きなものがある。エネルギー応用の道は遠のいたとはいえ、ジョーンズ等の主張する程度の反応率ですら、物理的には極めて異常な現象である。再現性が改善され、説得力のある確証が提供されるまでは、低温核融合に対する研

究者の評価はいろいろに分かれるであろう。しかし、仮に一時の幻に終わるかも知れないが、フィーバーの収まりつつある今こそ、夢を託してじっくり取り組むのも意義のあることではないだろうか。エネルギー源としての高温核融合炉の開発を推進していくことの重要性は、今後とも変わることはない(図-10)。

なお、米国エネルギー省は低温核融合の総括を7月までに行い、9月には最終報告を提出する予定であることを付け加えておく。7月13日の報道によれば、中間報告が既にまとまり、11月に最終報告が提出されることである。詳細は不明であるが、ユタ大学グループの多量の発熱が核融合によるということに対しては否定的である。ジョーンズ等が主張する反応については、今後も研究が必要であると指摘しているようである。

参 考 文 献

- 1) M.Fleischmann, S.Pons & M.Hawkins ; Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium, J. Electroanal. Chem. Vol. 261 (1989) 301-308
(なお、この論文には重要な訂正がErrataとして加えられていることに注意されたい)
- 2) S.E.Jones, E.P.Palmer, J.B.Czirr, D.L.Decker, G.L.Jensen, J.M.Thorne, S.F.Taylor & J.Rafelski ; Observation of cold nuclear fusion in condensed matter, Nature, Vol. 338 (1989) 737-740
- 3) Workshop on Cold Fusion Phenomena (May 23-25, 1989, Santa Fe, New Mexico), Agenda 及び Abstracts

